

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
5. Februar 2004 (05.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/012015 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G03G 15/08

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/008056

(22) Internationales Anmeldedatum:  
23. Juli 2003 (23.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 33 671.7 24. Juli 2002 (24.07.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): OCE PRINTING SYSTEMS GMBH [DE/DE]; Siemensallee 2, 85586 Poing (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ZOLLNER, Alfred

[DE/DE]; Erdinger Strasse 38, 85462 Eitting (DE). HOCHWIND, Bernhard [DE/DE]; Nadistrasse 14, 80809 München (DE). SCHULLERUS, Wolfgang [DE/DE]; Pfälzerweg 2a, 83064 Raubling (DE). MAESS, Volkhard [DE/DE]; Benediktbeuernstrasse 2, 85652 Pliening (DE). GROEGER, Hans-Detlef [DE/DE]; Anton-Zwengauer-Weg 1, 85586 Poing (DE). MÖSTL, Peter [DE/DE]; Brunnwiesenstrasse 16 a, 84032 Altdorf (DE).

(74) Anwälte: SCHAUMBURG, Karl-Heinz usw.; Postfach 86 07 48, 81634 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

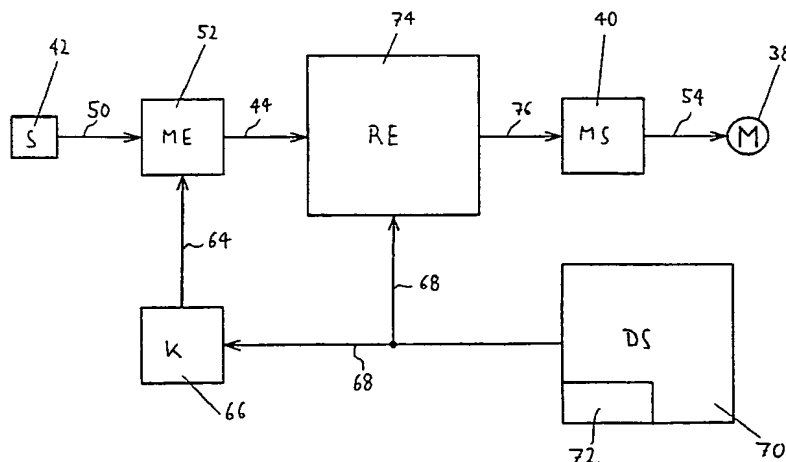
Veröffentlicht:

mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

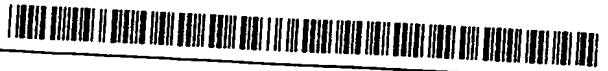
(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR SETTING THE TONER CONCENTRATION IN THE DEVELOPER STATION OF AN ELECTROPHOTOGRAPHIC PRINTER OR COPIER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM EINSTELLEN DER TONERKONZENTRATION IN DER ENTWICKLERSTATION EINES ELEKTROFOTOGRAFISCHEN DRUCKERS ODER KOPIERERS



(57) Abstract: The invention relates to a method and device for setting the toner concentration of a toner particle/support particle mixture (26) in a developer station (22), for developing a latent charge of an image on an intermediate support (10) of an electrophotographic printer or copier, whereby a sensor (42), arranged in the developer station (22), measures the toner concentration in the mixture (26). An actuator (40, 42) adjusts the toner supply to the developer station (22). A current usage value (68) for toner particles is determined. A regulator (74) for the regulation of the toner concentration, operates the actuator (40, 42) depending on the signal (50) from the sensor (42) and the determined usage value (68), whereby the toner concentration, at the point of the developer station where the toner is used to develop the latent image, is calculated from the toner concentration measured at the site of installation of the sensor (42) and the usage value (68).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Verfahren und Vorrichtung zum Einstellen der Tonerkonzentration eines Tonerteilchen-Trägeteilchen-Gemisches (26) in einer Entwicklerstation (22) zum Entwickeln eines latenten Ladungsbildes auf einem Zwischenträger (10) eines elektrographischen Druckers oder Kopiergerätes, bei dem bzw. der ein in der Entwicklerstation (22) angeordneter Sensor (42) die Tonerkonzentration im Gemisch (26) misst. Ein Stellglied (40, 42) stellt die Tonerzufuhr für die Entwicklerstation (22) ein. Es wird ein aktueller Verbrauchswert (68) für Tonerteilchen ermittelt. Eine Regeleinheit (74) zur Regelung der Tonerkonzentration steuert das Stellglied (40, 42) abhängig vom Signal (50) des Sensors (42) und vom ermittelten Verbrauchswert (68) an, wobei aus der am Einbauort des Sensors (42) gemessenen Tonerkonzentration und dem Verbrauchswert (68) die Tonerkonzentration an dem Ort in der Entwicklerstation berechnet wird, an dem der Toner zur Entwicklung des latenten Bildes entnommen wird.

Verfahren und Vorrichtung zum Einstellen der Tonerkonzentra-  
tion in der Entwicklerstation eines elektrofotografischen  
5 Druckers oder Kopierers

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine  
Vorrichtung zum Einstellen der Tonerkonzentration eines To-  
nerteilchen-Trägerteilchen-Gemisches in einer Entwicklersta-  
10 tion eines Druckers oder Kopierers sowie eine Vorrichtung zum  
Entwickeln eines latenten Ladungsbildes auf einem Zwischen-  
träger eines elektrofotografischen Druckers oder Kopiergerä-  
tes.

15 Die Tonerteilchen, im Folgenden manchmal auch kurz "Toner"  
genannt, dienen zur Einfärbung des latenten Ladungsbildes auf  
dem Zwischenträger. Vom Zwischenträger wird der Toner dann in  
einem weiteren Schritt auf einen Aufzeichnungsträger, z.B.  
Papier übertragen.

20 Als Trägerteilchen sind beispielsweise kleine Eisen- oder  
Stahlkörnchen bekannt. Diese haben typischerweise eine zwei-  
fache Funktion: Zum einen laden sich die Tonerteilchen beim  
Durchmischen des Gemisches an den Trägerteilchen triboe-  
25 lektrisch auf, zum anderen lagern sich die Tonerteilchen an  
den Trägerteilchen an und werden an diesen anhaftend zum  
Zwischenträger befördert. Der Transport der Trägerteilchen  
zum Zwischenträger wird dabei beispielsweise mit einer magne-  
tischen Entwicklerwalze bewerkstelligt, an der sich die Trä-  
30 gerteilchen anlagern. In unmittelbarer Nähe des Zwischenträ-  
gers werden die elektrisch geladenen Tonerteilchen dem elekt-  
rischen Feld des Ladungsbildes entsprechend auf den Zwischen-  
träger übertragen, während die Trägerteilchen in der Entwick-  
lerstation verbleiben, bzw. zurückgeführt werden.

35 Während des Entwickelns wird also Toner aus der Entwickler-  
station entnommen, der durch eine entsprechende Tonerzufuhr

in die Entwicklerstation ersetzt werden muss. Dabei ist es sowohl für die Qualität des Druckbildes als auch für den störungsfreien Betrieb der Entwicklerstation notwendig, dass die Tonerkonzentration stets einem vorbestimmten Wert, im  
5 folgenden Sollwert genannt, entspricht.

Zur Einstellung der Tonerkonzentration auf diesen Sollwert werden üblicherweise Regelverfahren verwendet, bei denen die aktuelle Tonerkonzentration, d.h. der Istwert (oder eine  
10 davon abhängige Größe) gemessen wird und dessen Differenz vom Sollwert, die sogenannte Regelabweichung durch geeignetes Einstellen einer Stellgröße, beispielsweise der Tonerzufuhr, minimiert wird.

15 Zur Messung der Tonerkonzentration in der Entwicklerstation kann beispielsweise die magnetische Permeabilität des Gemisches mit Hilfe eines Sensors gemessen werden, die für die Tonerkonzentration kennzeichnend ist, da lediglich die Trä-  
gerteilchen magnetisierbar sind.

20 Allerdings kann ein derartiger Sensor aus Platzgründen nicht in dem Abschnitt der Entwicklerstation angeordnet werden, aus dem der Toner zur Entwicklung des Ladungsbildes tatsächlich entnommen wird, wie unten an Hand eines Ausführungsbeispiels  
25 näher erläutert wird. Statt dessen muss der Sensor im sogenannten Behälter der Entwicklerstation untergebracht werden. Dies ist insofern problematisch, als sich im Druck- bzw. Kopierbetrieb ein Tonerkonzentrationsgefälle innerhalb der  
Entwicklerstation einstellt, so dass die im Behälter gemessene  
30 Tonerkonzentration von der für den Druckprozess relevanten Tonerkonzentration im Tonerentnahmebereich abweicht und somit der Regelung ein verfälschter Istwert zugrundegelegt wird. Ein weiteres Problem besteht darin, dass der Sensormesswert von der aktuellen Toneraufladung beeinflusst wird, die sich  
35 u. a. in Abhängigkeit vom Tonerdurchsatz ändert. Auch dadurch kann also der zugrundegelegte Istwert verfälscht werden.

Diese Probleme werden in herkömmlichen Verfahren umgangen, indem anstelle einer direkten Messung der Tonerkonzentration eine Tonermarke auf dem Zwischenträger erzeugt und dann mit einem Reflexlichtsensor oder dergleichen abgetastet wird. 5 Dadurch lässt sich eine Druckdichte bestimmen, die wiederum kennzeichnend für die Tonerkonzentration ist.

Dieses Verfahren ist beispielsweise in der DE 101 36 259 beschrieben. Darin wird eine Tonermarke auf einem Fotoleiter 10 erzeugt, wobei dieser mit einer Intensität belichtet wird, bei der die Druckdichte besonders stark mit der Tonerkonzentration variiert. Dadurch lässt sich die Tonerkonzentration im Prinzip sehr genau bestimmen, zumal dabei tatsächlich die Konzentration des Toners in einem Abschnitt der Entwickler- 15 station erfasst wird, aus dem der Toner entnommen wurde.

Die Tonerkonzentrationsmessung mit Hilfe einer Tonermarke ist jedoch insofern indirekt, als die Druckdichte der Tonermarke außer von der Tonerkonzentration noch von einer Reihe weiterer 20 Größen abhängig ist. Zu diesen Größen gehören beispielsweise die Beleuchtungsintensität eines Zeichengenerators, der Grad der elektrostatischen Aufladung des Toners, die Intensität der Aufladung des Zwischenträgers und die Größe der Spannung zwischen Entwicklerwalze und Zwischenträger. Die Toner- 25 konzentration kann nur dann zuverlässig aus der Tonermarke ermittelt werden, wenn alle diese Größen einen bekannten, konstanten Wert annehmen.

Wenn sich jedoch eine oder mehrere dieser Größen beispielsweise infolge eines Defektes im Gerät unbemerkt ändern, wird 30 dem Regler der Konzentrationsregelung ein falscher Istwert zugeführt. Dies kann beispielsweise dazu führen, dass der Entwicklerstation kontinuierlich Toner zugeführt wird, bis diese verstopft, oder dass über einen längeren Zeitraum gar 35 kein Toner zugeführt wird und die Tonerkonzentration kontinuierlich sinkt, wodurch es beispielsweise zu einem Ladungsüberschlag zwischen Zwischenträger und Entwicklerwalze kommen

kann, weil der elektrische Widerstand des Gemisches mit Abnahme des (elektrisch nichtleitenden) Toners abnimmt. In beiden Fällen kann es zu einer schweren Beschädigung der Entwicklerstation kommen. Aus Gründen der Betriebssicherheit und Kontrollierbarkeit des Systems ist also einer direkten Konzentrationsmessung der Vorzug zu geben.

Ein weiteres Problem bei herkömmlichen Verfahren zur Regelung der Tonerkonzentration besteht darin, dass die Angleichung der Tonerkonzentration an den Sollwert relativ langsam geschieht, weil die Regelverstärkung relativ gering gehalten werden muss. Eine zu hohe Regelverstärkung führt nämlich zu einem instabilen Regelverhalten, einer Erhöhung der Störempfindlichkeit und schlechterem Führungsverhalten.

Die DE 199 00 164 A1 zeigt ein Verfahren und eine Einrichtung zur Regelung der Tonerkonzentration in einem elektrografischen Prozess. Darin sind zwei Betriebszustände vorgesehen. In einem Betriebszustand wird eine Tonermarke auf dem Zwischenträger erzeugt, die Dichte der Tonermarke abgetastet und die Tonermarke wieder vom Zwischenträger entfernt. Der abgetastete Tonerdichtewert wird zur Regelung der Tonerkonzentration in der Entwicklerstation verwendet und findet beispielsweise Einfluss in einem Tonerkonzentrations-Sollwert oder in einem Regelungsschwellenwert. Im anderen Betriebszustand werden zu druckende Informationen auf dem Zwischenträger als Tonerbild erzeugt und auf einen Aufzeichnungsträger umgedruckt. In diesem anderen Betriebszustand wird die Tonerkonzentration in der Entwicklerstation mit einem Tonerkonzentrationssensor erfasst und durch entsprechende Nachförderung versucht, eine konstante Tonerkonzentration in der Entwicklerstation aufrechtzuhalten. Alternativ zur Regelung der Tonerkonzentration mit Hilfe des Tonerkonzentrationssensors wird vorgeschlagen, die Tonerzufuhrmenge durch Abschätzung des Tonerverbrauchswertes zu steuern.

Die DE 196 31 261 A1 zeigt eine Vorrichtung zur Verwendung in einem elektrofotografischen Gerät, mit einer ersten Regelungsvorrichtung, die anhand der Schwärzung von Testmarken einen Sollwert für die Tonerkonzentration in einer Entwicklerstation ermittelt, und einer der ersten Regelvorrichtung nachgeordneten zweiten Regelvorrichtung, die die Tonerkonzentration in der Entwicklerstation auf diesen Sollwert regelt. Die zweite Regelvorrichtung hat einen Sensor zum Ermitteln der Tonerkonzentration in der Entwicklerstation und erzeugt in Abhängigkeit von der gemessenen Tonerkonzentration ein Tonernachfüllsignal, das wahlweise durch ein Signal modifiziert werden kann, das einem Tonerverbrauchswert entspricht.

In keiner dieser Schriften wird das Problem behandelt, dass die am Einbauort des Sensors gemessene Tonerkonzentration von der Tonerkonzentration am Ort der Tonerentnahme abweichen könnte.

Weiterer verwandter Stand der Technik ist den Dokumenten DE 41 37 708 C2, US 5,353,102 und JP 03045973 A zu entnehmen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, die ein Entwickeln eines latenten Bildes mit Toner mit hoher Druckqualität ermöglicht.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Bei diesem Verfahren wird die Tonerkonzentration im Gemisch mit einem in der Entwicklerstation angeordneten Sensor gemessen und die Tonerzufuhr mit einem Stellglied eingestellt, wobei ein aktueller Verbrauchswert für Tonerteilchen ermittelt wird und eine Regeleinheit zur Regelung der Tonerkonzentration das Stellglied abhängig vom Signal des Sensors und vom ermittelten Verbrauchswert ansteuert. Dabei wird aus der am Einbauort des Sensors gemessenen Tonerkonzentration und dem Tonerverbrauchswert die Tonerkonzentration in einem Abschnitt der

Entwicklerstation berechnet, aus dem der Toner zur Entwicklung des latenten Bildes entnommen wird.

Der Begriff "Ermitteln" des Verbrauchswertes ist in einem weiten Sinne zu verstehen, gemeint ist sowohl eine mehr oder weniger genaue Messung als auch eine bloße Abschätzung. Beispiele für geeignete Abschätzungen des Verbrauchswertes werden unten gegeben.

10 Unter Verwendung des ermittelten aktuellen Verbrauchswertes können die Fehler bei der direkten Messung bis zu einem gewissen Grade korrigiert werden, da sowohl das räumliche Konzentrationsgefälle in der Entwicklerstation als auch die elektrostatische Aufladung des Toners mit dem aktuellen Tonerverbrauch zusammenhängen. Insbesondere kann die berechnete Tonerkonzentration am Tonerentnahmeort als Regelgröße in die Regeleinheit eingegeben werden und das Stellglied von der Regeleinheit derart angesteuert werden, dass die berechnete Tonerkonzentration am Tonerentnahmeort einem Sollwert angenähert wird.

Ferner kann der aktuelle Tonerverbrauchswert unmittelbar bei der Regelung der Tonerkonzentration berücksichtigt werden und nicht erst dann, wenn er sich in einer Regelabweichung manifestiert. Dadurch wird das dynamische Verhalten der Regelung verbessert.

Vorzugsweise wird bei dem Verfahren das Stellglied durch die Kombination einer ersten und einer zweiten Stellgröße gesteuert, wobei sich die erste Stellgröße nach dem Tonerverbrauchswert und die zweite Stellgröße nach der gemessenen Tonerkonzentration bemisst. Dabei ist die erste Stellgröße vorzugsweise so bemessen, dass sie eine Tonerzufuhr bewirkt, die dem aktuellen Tonerverbrauchswert entspricht. Der aktuelle Verbrauchswert stellt also in diesem Fall quasi eine Störgröße dar, der die erste Stellgröße unmittelbar und rückkopplungsfrei entgegenwirkt. Die zweite Stellgröße ist vorzugs-

weise so bemessen, dass sie die Tonerkonzentration auf einen Sollwert regelt.

Im einfachsten Fall ist die genannte "Kombination" der beiden  
5 Stellgrößen schlicht eine Addition der beiden. Beispielsweise  
kann die erste Stellgröße das Ausgangssignal einer Steuerket-  
te sein, das zum Signal der zweiten Stellgröße addiert wird,  
die wiederum durch das Ausgangssignal eines Regelkreises  
gebildet wird. Es ist aber beispielsweise genau so gut denk-  
10 bar, dass der Verbrauchswert in eine Hilfsgröße umgerechnet  
wird, die in den Regler eingespeist wird und so bemessen ist,  
dass sie eine Stellgröße bewirkt, der eine Tonerzufuhr gemäß  
dem Verbrauchswert entspricht. Wenn nun gleichzeitig eine  
Regelabweichung und diese Hilfsgröße in den Regler einge-  
15 speist werden, gibt der Regler eine Stellgröße aus, die hier  
als "Kombination" zweier Stellgrößen bezeichnet wird, nämlich  
einer ersten Stellgröße, die sich ergäbe, wenn nur die Hilfs-  
größe in den Regler eingespeist würde, und einer zweiten  
Stellgröße, die sich ergäbe, wenn nur die Regelabweichung in  
20 den Regler eingespeist würde. Diese Kombination der ersten  
und zweiten Stellgröße ist je nach Typ des Reglers nicht  
notwendigerweise eine Summe, jedoch eine Funktion der beiden.  
In dieser Allgemeinheit soll in der vorliegenden Erfindung  
der Begriff der "Kombination" der beiden Stellgrößen verstan-  
25 den werden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird die  
am Stellglied eingestellte Tonerzufuhr als Tonerverbrauchs-  
wert angenommen. Diese Wahl des Schätzwertes ergibt sich aus  
30 folgender Überlegung: Wenn das Verfahren wie gewünscht arbei-  
tet, entspricht die aktuelle Tonerkonzentration ihrem Soll-  
wert und die aktuelle Tonerzufuhr dem aktuellen Toner-  
verbrauch. In diesem Fall ist also die aktuelle Tonerzufuhr  
ein sehr guter Schätzwert für den aktuellen Tonerverbrauch.  
35 Insofern ist die Wahl des Schätzwertes selbstkonsistent: je  
besser das Verfahren arbeitet, desto besser ist der Schätz-  
wert des Tonerverbrauchs, aufgrund dessen dann das Verfahren

wiederum besser arbeitet. Es hat sich gezeigt, dass trotz der impliziten Rückkopplung durch geeignete Wahl von Regelparametern ein stabiles Regelverhalten erhalten werden kann. Der Vorteil dieser speziellen Ausführung des Verfahrens besteht darin, dass die aktuelle Tonerzufuhr eine Größe ist, die einfach zu erfassen ist, so dass dieses Verfahren ohne große bauliche Eingriffe bei herkömmlichen Geräten angewendet werden kann.

10 In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Tonerverbrauchswert aus Druckdaten abgeschätzt. Vorzugsweise wird der Tonerverbrauchswert aus der mit ihrer Einfärbungsstufe gewichteten Anzahl zu druckender Pixel abgeschätzt. Eine derartige Abschätzung des Tonerverbrauchswertes ist bereits aus der US 15 5,202,769 bekannt, wird darin aber lediglich zur reinen Steuerung der Tonerzufuhr, nicht aber im Rahmen einer Regelung verwendet. Eine bloße Steuerung ist aber ungeeignet, die Tonerkonzentration über einen langen Zeitraum stabil und 20 sicher einzustellen, weil sich kleine systematische Abweichungen zwischen tatsächlichem und abgeschätztem Tonerverbrauch mit der Zeit aufsummieren. Bei Störungen im Druck- oder Kopierprozess kann die Abweichung von tatsächlichem und abgeschätztem Tonerverbrauch sehr groß werden, so dass sich 25 rasch eine viel zu hohe oder viel zu geringe Tonerkonzentration in der Entwicklerstation einstellt, die wie oben erwähnt zu ihrer Beschädigung führen kann.

Die Abschätzung des Tonerverbrauchswertes aus den Druckdaten lässt sich in der Praxis so genau durchführen, dass die sich am Tonerverbrauchswert bemessende erste Stellgröße bereits eine Tonerkonzentration in der Entwicklerstation bewirkt, die für kurze und mittlere Zeiten nahe am Sollwert ist. Die zweite Stellgröße bewirkt dann nur eine relativ geringe Korrektur der durch die erste Stellgröße vorgesteuerten Tonerzufuhr. 35 Insgesamt ergibt sich dabei eine stark verbesserte Regeldynamik, weil der vorgesteuerte Anteil der Tonerzufuhr, also die

erste Stellgröße, unverzüglich auf den ermittelten Toner-  
verbrauchswert reagiert und die zweite Stellgröße weit gerin-  
gere Regelabweichungen auszugleichen hat, als in einem her-  
kömmlichen Verfahren.

5

Da die Druckdaten bei einem Drucker oder Kopierer in einer  
Steuerungseinheit verarbeitet werden, muss diese zur Imple-  
mentierung des letztgenannten Verfahrens bei herkömmlichen  
Geräten modifiziert werden. Wenn dies beispielsweise aus  
10 Kostengründen oder zur Bewahrung der Kontinuität einer Pro-  
duktpalette vermieden werden soll, kann der Tonerverbrauchs-  
wert in einer alternativen Weiterbildung des Verfahrens aus  
der mit ihrer Einfärbungsstufe gewichteten Anzahl der Pixel  
abgeschätzt werden, die im das latente Druckbild erzeugenden  
15 Zeichengenerator gesetzt werden. Vorzugsweise werden dabei  
die Pixel mit Hilfe einer anwendungsspezifischen integrierten  
Schaltung gezählt, die mit dem Zeichengenerator verbunden  
ist. Diese Lösung erfordert also nur eine relativ geringe  
Ergänzung, nicht aber eine wesentliche Modifikation eines  
20 herkömmlichen Drucker- oder Kopierersystems.

In einer weiteren alternativen Weiterbildung wird der Toner-  
verbrauchswert an Hand des Stromverbrauchs des das latente  
Ladungsbild erzeugenden Zeichengenerators abgeschätzt. Dies  
25 ist möglich, weil der Tonerverbrauch und der Stromverbrauch  
im Zeichengenerator unmittelbar zusammenhängen. Denn zur  
Erzeugung eines jeden Bildpunktes des Ladungsbildes ist eine  
gewisse Lichtenergie nötig, die sich wiederum im Strom-  
verbrauch des Zeichengenerators niederschlägt. In der Praxis  
30 lässt sich über den Stromverbrauch ein für die Zwecke des  
erfindungsgemäßen Verfahrens hinreichend guter Toner-  
verbrauchswert abschätzen. Der Vorteil dieses weitergebilde-  
ten Verfahrens besteht darin, dass es sich mit minimalen  
baulichen Ergänzungen in vorhandenen Drucker- und Kopierer-  
35 systemen implementieren lässt.

Im Rahmen des beschriebenen Verfahrens kann der Toner-  
verbrauchswert aus praktischen Gründen "vorausschauend" er-  
mittelt werden. Dies ist beispielsweise in der oben genannten  
Weiterbildung der Fall, bei der der Verbrauchswert aus Druck-  
daten abgeschätzt wird, die üblicherweise bereits eine gewis-  
se Zeit vor dem Entwickeln des Ladungsbildes vorliegen. In  
einem solchen Fall wird der ermittelte Tonerverbrauchswert  
vorzugsweise bis zur Einfärbung des entsprechenden Druckbil-  
des in einem Datenpuffer, beispielsweise einem Verzögerungs-  
puffer gespeichert. Dann kann die Regeleinheit zur Regelung  
der Tonerkonzentration das Stellglied abhängig vom ermittel-  
ten Verbrauchswert zu genau dem Zeitpunkt ansteuern, an dem  
der ermittelte Verbrauch tatsächlich stattfindet, wodurch  
sich die Regeldynamik verbessert.

In einer vorteilhaften Weiterbildung wird die relative Ge-  
wichtung der ersten und zweiten Stellgröße im Verlauf des  
Druck- oder Kopierprozesses variiert. Vorzugsweise wird dabei  
die zweite Stellgröße in der Startphase eines Druck- oder  
Kopierprozesses unterdrückt und ihre Gewichtung erhöht, wenn  
sich der Zustand des Gemisches in der Entwicklerstation sta-  
bilisiert hat. Denn in der Startphase lässt sich die Toner-  
konzentration in der Entwicklerstation nur ungenau bestimmen,  
da sich der Gemischlauf noch nicht stabilisiert hat. Aufgrund  
der ungenauen Konzentrationsmessung in der Startphase bietet  
es sich also an, sich zunächst auf die erste Stellgröße zu  
verlassen.

Vorzugsweise umfasst die Reglereinheit einen PID-Regler. In  
einer vorteilhaften Weiterbildung werden die verwendeten  
Regelparameter im Verlauf des Druck- oder Kopierprozesses  
variiert.

Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung wird im  
folgenden auf die in den Zeichnungen dargestellten Ausführ-  
ungsbeispiele Bezug genommen, die anhand spezifischer Termi-  
nologie beschrieben sind. Es sei jedoch darauf hingewiesen,

dass der Schutzzumfang der Erfindung dadurch nicht eingeschränkt werden soll, da derartige Abwandlungen und weitere Modifizierungen an den gezeigten Vorrichtungen und Verfahren sowie derartige weitere Anwendungen der Erfindung, wie sie  
5 darin aufgezeigt sind, als übliches derzeitiges oder künftiges Fachwissen eines zuständigen Fachmannes angesehen werden. Die Figuren zeigen Ausführungsbeispiele der Erfindung, nämlich

10 Figur 1 eine schematische Zeichnung von Komponenten eines elektrofotografischen Druckers,

Figur 2 eine schematische Darstellung einer Entwicklerstation mit Tonerzufuhr und Regeleinheit,

15

Figur 3 ein Blockdiagramm, in dem ein herkömmliches Regelverfahren dargestellt ist,

20 Figur 4 eine schematische Darstellung einer Entwicklerstation, in der die Ortsabhängigkeit der Tonerkonzentration modellhaft dargestellt ist,

Figur 5 ein schematisches Diagramm der Tonerkonzentrationsverteilung in einer Entwicklerstation bei einem  
25 herkömmlichen Regelverfahren,

Figur 6 ein schematisches Diagramm der Tonerkonzentrationsverteilung in einer Entwicklerstation beim erfindungsgemäßen Regelverfahren,

30

Figuren 7 bis 9

Blockdiagramme dreier Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens,

35 Figur 10 den schematischen Aufbau einer Regeleinheit,

Figur 11 den schematischen Aufbau einer weiteren Regeleinheit,

Figur 12 vier schematische Diagramme a-d, in denen der ermittelte Tonerverbrauchswert (a), der tatsächliche Tonerverbrauch (b), der Stellwert für die Tonerzufuhr (c) und die Tonerkonzentration (d) gegen die Zeit aufgetreten sind, und

Figuren 13 bis 15

Blockdiagramme, in denen Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch dargestellt sind.

Im folgenden werden die Grundzüge des elektrofotografischen Druckens oder Kopierens unter Bezugnahme auf Figur 1 kurz erläutert. In Figur 1 ist eine Fotoleitertrommel 10 im Querschnitt dargestellt, deren Umfangsfläche mit einem Fotohalbleiter, beispielsweise Arsentriselenid ( $\text{As}_2\text{Se}_3$ ) beschichtet ist. Solch ein Fotohalbleiter hat einen hohen Dunkelwiderstand, der jedoch bei ausreichender Belichtung absinkt. Die Fotoleitertrommel 10 dreht sich in der mit dem Pfeil 12 ange deuteten Richtung. Dabei wird ihre Fotohalbleiterschicht zunächst mit Hilfe eines sogenannten Aufladekorotrons 14 elektrostatisch aufgeladen. Durch Drehung der Fotoleitertrommel 12 gelangt der aufgeladene Abschnitt zu einem Zeichengenerator 16 mit einer Lichtquelle 18 (in Figur 1 ein LED-Kamm) und einer Steuerungseinheit 20. Die Steuerungseinheit 20 gibt vor, an welchen Punkten die Fotoleitertrommel 10 belichtet werden soll. An den belichteten Stellen sinkt der elektrische Widerstand der Fotohalbleiterschicht und die Ladung fließt ab. So werden Bildpunkte eines latenten Ladungsbildes auf der Fotoleitertrommel erzeugt. Diese Bildpunkte, Pixel genannt, werden also im Zeichengenerator "gesetzt".

Bei einer weiteren Drehung der Fotoleitertrommel 10 gelangt das latente Ladungsbild zu einer Entwicklereinheit 22. Die

Entwicklereinheit 22 umfasst einen Behälter 24, in dem sich ein Gemisch 26 aus Tonerteilchen und Trägerteilchen befindet. Die Trägerteilchen bestehen bei der gezeigten Entwicklerstation aus einem magnetischen Material wie Eisen oder Stahl und Ferrit. Deshalb können die Trägerteilchen von einer magnetischen Entwicklerwalze 28 angezogen werden und zusammen mit den an ihnen haftenden Tonerteilchen durch Rotation der Entwicklerwalze 28 zur Fotoleitertrommel 10 befördert werden. Dabei richten sich die Trägerteilchen entlang der von der Entwicklerwalze 28 erzeugten magnetischen Feldlinien derart aus, dass sie an der Oberfläche der Entwicklerwalze 28 eine bürstenartige Anordnung bilden, die als "Magnetbürste" bezeichnet wird (vgl. Figur 4).

Die Tonerteilchen werden in der Entwicklerstation 22 triboelektrisch aufgeladen und mit Hilfe eines geeigneten elektrischen Feldes von der Magnetbürste 56 auf die belichteten (sogenanntes „Dunkelschreiben“) oder unbelichteten Stellen des Fotohalbleiters (sogenanntes „Hellschreiben“) übertragen. So wird das auf der Fotoleitertrommel 10 befindliche Ladungsbild mit Toner eingefärbt, d.h. entwickelt.

Das Tonerbild wird dann in einer Umdruckstation 30 auf einen Druckträger, beispielsweise einen Bogen Papier 32 übertragen. Daher wird die Fotoleitertrommel 10 allgemein als Zwischenträger bezeichnet.

Beim Umdruck auf der Fotoleitertrommel 10 verbleibender Toner wird schließlich mit Hilfe einer Reinigungsvorrichtung 34 entfernt.

In Figur 2 ist die Entwicklerstation 22 vergrößert dargestellt. Da bei der Entwicklung des latenten Ladungsbildes nur Toner, aber keine Trägerteilchen auf die Fotohalbleiterschicht übertragen werden, würde die Tonerkonzentration im Behälter 24 der Entwicklerstation 22 mit der Zeit abnehmen, wenn nicht laufend Toner in die Entwicklerstation 22 zuge-

führt würde. Daher ist die Entwicklerstation 22 mit einem Tonerreservoir 36 verbunden, und die Tonerzufuhr aus dem Reservoir 36 in die Entwicklerstation 22 geschieht mit Hilfe eines Motors 38, der eine Fördereinrichtung antreibt.

5

Die Förderleistung des Motors 38 wird durch eine Motorsteuerung 40 vorgegeben. Ein übliches Verfahren, die Tonerkonzentration in der Entwicklerstation 22 einzustellen, basiert auf einem einfachen Regelkreis. Dabei wird die aktuelle Tonerkonzentration in der Entwicklerstation 22 mit Hilfe eines Sensors 42 gemessen. Die gemessene Tonerkonzentration ist die Regelgröße 44, die das Eingangssignal in einen Regler 46 darstellt. Im Regler 46 wird durch Subtraktion der Regelgröße 44 von einer Führungsgröße die Regelabweichung berechnet. Die Regelgröße wird Istwert, die Führungsgröße Sollwert genannt. Aus der Regelabweichung erzeugt der Regler 46 eine Stellgröße 48, die an ein Stellglied gesendet wird, das im vorliegenden Fall durch den Motor 38 und die Motorsteuerung 40 gebildet wird. Die Stellgröße 48 ist so bemessen, dass sie über Motorsteuerung 40 und Motor 38 eine Tonerzufuhr bewirkt, die die Regelabweichung kompensiert. Man beachte, dass hier und im Folgenden Begriffe wie Regelgröße 44 und Stellgröße 40 sowohl für die abstrakten Elemente des Regelkreises, als auch für die Signale verwendet werden, die die entsprechenden Größen übermitteln.

Die wesentlichen Elemente dieses herkömmlichen Regelverfahrens sind in Figur 3 in einem Blockdiagramm zusammengefasst. Über die im Zusammenhang mit Figur 2 hinaus besprochenen Elemente und Signale ist in Figur 3 eine Messwerterfassungseinrichtung 52 gezeigt, die ausgehend von einem Sensorsignal 50 des Sensors 42 die Regelgröße 44 erzeugt, und ein Motorsignal 54, mit dem die Motorsteuerung 40 den Motor 38 ansteuert. Der Motor kann intermittierend betrieben werden oder in der Drehzahl variiert werden.

Dieses in Figur 3 gezeigte herkömmliche Regelverfahren ist jedoch mit mehreren Problemen behaftet. Das erste Problem besteht darin, dass die mit Hilfe des Sensors 42 gemessene Tonerkonzentration nicht notwendigerweise mit der Tonerkonzentration an dem Ort übereinstimmt, an dem der Toner tatsächlich zur Entwicklung des Fotoleiters 10 entnommen wird. Das Problem ist in Figur 4 schematisch dargestellt, in der die Helligkeit des Toner-Trägerteilchen-Gemisches 26 modellhaft die Tonerkonzentration repräsentiert. Die Tonerkonzentration ist in dem mit A bezeichneten Bereich, in dem Toner zugeführt wird, besonders hoch, und in dem mit C bezeichneten Bereich, aus dem Toner zum Entwickeln entnommen wird, besonders niedrig. Dieses Tonerkonzentrationsgefälle tritt auf, obwohl das Gemisch 26 in der Entwicklerstation beispielsweise mit Hilfe eines Paddelrades (nicht gezeigt) durchmischt wird. Der Begriff „Gefälle“ soll dabei nicht ausdrücken, daß sich die Tonerkonzentration linear mit dem Ort ändert. In der Tat kann eine allgemeine, nicht lineare Beziehung zwischen Tonerkonzentration und Ort bestehen.

Die für den Druck- oder Kopierprozess wesentliche Konzentration ist diejenige im Tonerentnahmebereich C. Im Tonerentnahmebereich C kann jedoch kein Sensor eingebaut werden, weil dieser der Entwicklerwalze 28 und dem Aufbau der Magnetbürste 56 im Wege wäre. Statt dessen muss der Sensor an einem Ort B im Behälter 24 der Entwicklereinheit 22 angeordnet werden, an dem die aktuelle Tonerkonzentration meist nicht mit der im Tonerentnahmebereich C übereinstimmt.

Das Tonerkonzentrationsgefälle ist im Diagramm der Figur 5 schematisch dargestellt. Darin zeigt der Graph 58 die von der Position P abhängige Tonerkonzentration (TK) in der Entwicklerstation 22 bei niedrigem Tonerverbrauch, d.h. geringer Tonerentnahme pro Zeiteinheit. Wie in Figur 5 zu sehen, ist dabei die Tonerkonzentration in der gesamten Entwicklerstation nahezu identisch. Das liegt daran, dass bei geringem Tonerverbrauch genügend Zeit vorhanden ist, dass sich die To-

nerkonzentration durch Durchmischen des Toner-Trägerteilchen-Gemisches ausgleicht.

Der Graph 60 zeigt die räumliche Tonerkonzentrationsverteilung bei hohem Tonerverbrauch. Bei hohem Tonerverbrauch stellt sich nämlich, wie in Figur 5 zu sehen, ein beträchtliches Tonerkonzentrationsgefälle innerhalb der Entwicklerstation 22 ein. Wenn die Tonerkonzentration, wie in Figur 5 gezeigt, am Einbauort B des Sensors auf ihren Sollwert (S) geregelt ist, liegt die Tonerkonzentration im Entnahmebereich C deutlich unter dem Sollwert. Dies führt zu schlechtem Druckverhalten und im schlimmsten Fall zur Beschädigung der Entwicklerstation 22. Die Figur 5 ist nur schematisch aufzufassen. Der Einfachheit halber wurde ein linearer Verlauf der Tonerkonzentration in Abhängigkeit von der Position angenommen, aber auch eine kompliziertere Abhängigkeit ist möglich.

Da der Gradient der Tonerkonzentration in der Entwicklerstation 22 vom aktuellen Tonerverbrauch abhängt, sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, einen aktuellen Tonerverbrauchswert mehr oder weniger genau zu ermitteln, und aus diesem zusammen mit der am Einbauort B des Sensors gemessenen Tonerkonzentration die Tonerkonzentration im Entnahmebereich C zu berechnen. Dann wird die Tonerkonzentration am Einbauort B des Sensors so eingestellt, dass die (errechnete) Tonerkonzentration im Entnahmebereich C dem Sollwert entspricht.

Die so bewirkte Tonerkonzentrationsverteilung ist als Graph 62 in Figur 6 gezeigt. Die Differenz zwischen tatsächlich am Ort B eingestellter Tonerkonzentration und dem Sollwert (S) wird Sensorkorrektur 64 genannt. Die Sensorkorrektur 64 ist wie gesagt eine Größe, die aus dem ermittelten Tonerverbrauchswert berechnet wird.

Die „Berechnung“ der Tonerkonzentration im Entnahmebereich C erfolgt typischerweise durch eine Simulation. Der Simulation wird dabei ein Modell für den Zusammenhang zwischen der To-

nerkonzentration am Entnahmeort C, der Tonerkonzentration am Ort B des Sensors 42 und dem Tonerverbrauchswert zu Grunde gelegt. Das Modell und dessen Modellparameter können empirisch durch Anpassung an Versuchsmessungen ermittelt werden.

5

Die Erfinder haben in Versuchen herausgefunden, dass sich die Tonerkonzentration  $TK(C)$  am Entnahmeort C bereits mit einem einfachen, linearen Modell aus der Tonerkonzentration am Einbauort des Sensors  $TK(B)$  und dem Tonerverbrauchswert sehr präzise wie folgt simulieren lässt,

10

$$TK(C) = TK(B) - \alpha \cdot \text{Tonerverbrauchswert}.$$

15

Dabei ist  $\alpha$  eine empirisch bestimmte Proportionalitätskonstante. Dieses Simulationsmodell kann beispielsweise durch Terme in höherer Ordnung im Tonerverbrauchswert ergänzt werden, deren Koeffizienten durch Anpassen an experimentell bestimmte Daten bestimmt werden können.

20

Im Folgenden werden mehrere Möglichkeiten vorgeschlagen, den aktuellen Tonerverbrauchswert zu ermitteln. Es ist klar, dass "ermitteln" in diesem Zusammenhang nicht exaktes Erfassen des tatsächlichen aktuellen Tonerverbrauchs bedeuten kann, denn wenn dies möglich wäre, wäre ja die Aufgabe des gesamten Verfahrens bereits gelöst. "Ermitteln" bedeutet im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine jede direkte oder indirekte approximative Bestimmung des aktuellen Tonerverbrauchs, inklusive dessen Abschätzung.

25

30

Bei eingeschwungenem Regelkreis ist die Stellgröße 48 bereits ein relativ guter Schätzwert für den aktuellen Tonerverbrauch. Wie in Figur 7 gezeigt, wird daher in einer Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Stellgröße 48 als aktueller Tonerverbrauchswert in eine Korrektureinheit 66 eingegeben, die daraus die Sensorkorrektur 64 ermittelt und die ein entsprechendes Sensorkorrektursignal an die Messeinrichtung 52 schickt. Wiederum wird im folgenden weder sprach-

35

lich noch bezüglich des Bezugszeichens zwischen der Sensor-  
korrektur und dem entsprechenden Signal unterschieden.

Die Verwendung der Stellgröße 48 als Tonerverbrauchswert  
stellt eine Rückkopplung dar, die den Regelkreis prinzipiell  
aus dem Gleichgewicht bringen könnte. Es hat sich jedoch in  
der Praxis gezeigt, dass auch mit dieser Rückkopplung bei  
geeigneter Wahl der Regelparameter ein stabiles Regelverhal-  
ten erreicht werden kann.

Bei einer anderen, in Figur 8 gezeigten Ausführung des erfin-  
dungsgemäßen Verfahrens wird der Tonerverbrauchswert 68 in  
einer Druckersteuerung 70 an Hand von Druckdaten bestimmt und  
an die Korrekturereinheit 66 übermittelt. Der Verbrauchswert 68  
kann während oder nach der Aufbereitung der Druckdaten in der  
Druckersteuerung berechnet werden. Im gezeigten Ausführungs-  
beispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wird aus den Druck-  
bilddaten für jede einer gewissen Anzahl von Einfärbungsstu-  
fen die Anzahl der einzufärbenden Pixel ermittelt und daraus  
der Tonerverbrauch abgeschätzt. Konkret geschieht dies fol-  
gendermaßen: jeder zu druckende Pixel wird einer von m Ein-  
färbungsstufen (Graustufen) zugeordnet, wobei m eine natürli-  
che Zahl ist. Wenn mit  $n_i$  die Anzahl von Pixeln der i-ten  
Einfärbungsstufe bezeichnet wird, berechnet sich der Schätz-  
wert für den Tonerverbrauch gemäß:

$$\text{Tonerverbrauch} = k_{\text{Verb}} \cdot (k_1 \cdot n_1 + \dots + k_i \cdot n_i + \dots + k_m \cdot n_m) + k_0,$$

wobei  $k_i$  der Gewichtungsfaktor der Pixelanzahl der i-ten  
Einfärbungsstufe und  $k_{\text{Verb}}$  ein Proportionalitätsfaktor ist.  $k_0$   
Bezeichnet einen Grundverbrauch an Toner durch Staubbildung,  
Absaugung o.ä.

Die Druckbilddaten werden vor dem Belichten und Einfärben des  
Fotohalbleiters der Fototrommel 10 in der Druckersteuerung 70  
aufbereitet. Zwischen der Aufbereitung der Druckdaten und der  
Entwicklung des Fotoleiters kann eine gewisse, nicht unerheb-  
liche Zeitspanne liegen. Daher ist in der Darstellung von

Figur 8 ein Verzögerungspuffer 72 vorgesehen, in dem der von der Druckersteuerung 70 ermittelte Tonerverbrauchswert für die Dauer dieser Zeitspanne zwischengespeichert wird und erst dann an die Korrektereinheit 66 weitergegeben wird, wenn das  
5 den Druckdaten entsprechende Bild tatsächlich entwickelt wird.

Neben der oben beschriebenen inhomogenen Tonerkonzentrationsverteilung in der Entwicklerstation 22 gibt es noch eine  
10 weitere Fehlerquelle, die die Konzentrationsmessung verfälschen kann. Denn der Messwert des Sensors 42 wird durch die Größe der elektrostatischen Aufladung des Toners beeinflusst, die wiederum Fluktuationen unterworfen ist. Der Aufladungszustand des Toners ist aber ebenfalls vom Tonerdurchsatz, d.h.  
15 vom Tonerverbrauch abhängig. Deshalb kann ein aufgrund einer vom Sollwert abweichenden Toneraufladung verfälschter Messwert ebenfalls unter Verwendung des aktuellen Tonerverbrauchswertes 68 von der Korrektereinheit 66 korrigiert werden.

20 Ein weiteres Problem des Regelverfahrens von Figur 3 und auch des verbesserten Regelverfahrens von Figur 7 und 8 besteht darin, dass die damit erreichbare Regeldynamik relativ träge ist. Das bedeutet beispielsweise, dass sich erst ein gewisser  
25 Tonermangel einstellen muss, bis der Regler 46 über Motorsteuerung 40 und Motor 38 beginnt, die fehlende Menge Toner zuzuführen. Der Grund dafür ist, dass die Regelverstärkung des Reglers 46 nicht beliebig groß gewählt werden kann, weil sonst der Regelkreis störanfällig würde. In der Konsequenz tritt beim herkömmlichen Regelverfahren immer wieder  
30 eine Tonerkonzentration in der Entwicklerstation 22 auf, die erheblich vom Sollwert abweicht, was die Druckqualität beeinträchtigt und im schlimmsten Falle zur Beschädigung der Entwicklereinheit 22 führen kann.

35 Eine Lösung für dieses Problem ist in Figur 9 gezeigt. An Stelle des Reglers 46 nach den Figuren 3, 7 und 8 tritt in

Figur 9 eine Reglereinheit 74, die neben dem Eingang für die Regelgröße 44 einen Eingang für den ermittelten Toner-  
verbrauchswert 68 hat. Die Regeleinheit 74 erzeugt aus der  
Regelgröße 44 und dem Tonerverbrauchswert 68 eine kombinierte  
5 Stellgröße 76. Die kombinierte Stellgröße 76 setzt sich zu-  
sammen aus einer ersten Stellgröße, die eine reine Steuergrö-  
ße ist und eine Tonerzufuhr bewirkt, die dem Tonerverbrauchs-  
wert 68 entspricht, und einer zweiten Stellgröße, die sich  
10 aus der Regelgröße 44 bemisst und im Wesentlichen der Stell-  
größe 48 im herkömmlichen Verfahren der Figuren 3, 7 und 8  
entspricht. Dadurch wird die Tonerzufuhr im gewissen Sinne  
durch den ermittelten Tonerverbrauchswert 68 vorgesteuert.  
Die zweite Stellgröße dient im Grunde dazu, Fehler in der  
Vorsteuerung durch Regelung auszugleichen.

15 Bei Anwendung des Verfahrens von Figur 9 treten weitaus ge-  
ringere Regelabweichungen auf als im herkömmlichen Verfahren,  
d.h. aufgrund der Vorsteuerung ist die Regelgröße 44, also  
der Istwert der Tonerkonzentration relativ nah bei deren  
20 Sollwert. Da auf eine Änderung des Tonerverbrauchs unmittel-  
bar über die erste Stellgröße entgegengewirkt wird, ist das  
dynamische Verhalten der Tonerkonzentrationseinstellung gemäß  
Figur 9 weitaus besser als im herkömmlichen, reinen Regelver-  
fahren.

25 Die erste Stellgröße ist wie gesagt die Stellgröße, die die  
Regeleinheit 74 ausgeben würde, wenn die Regelabweichung Null  
wäre und lediglich ein gewisses Tonerverbrauchswertsignal 68  
in die Regeleinheit 74 eingespeist würde. Die zweite Stell-  
30 größe ist die Stellgröße, die die Regeleinheit 74 ausgeben  
würde, wenn lediglich die Regelgröße 44, d.h. ein Messwert  
der Tonerkonzentration in die Regeleinheit 74 eingespeist  
würde, jedoch kein Tonerverbrauchswertsignal 68 an der Regel-  
einheit 74 anläge. Wie diese beiden Stellgrößen zu einer  
35 Stellgröße 76 kombiniert werden, hängt vom speziellen Aufbau  
der Regeleinheit 74 ab. In den Rahmen der Erfindung fallen  
alle Regeleinheiten 74, in denen die Regelgröße 44 (die ge-

messene Tonerkonzentration) und der ermittelte Toner-  
verbrauchswert 68 zu einer gemeinsamen Stellgröße 76 verar-  
beitet werden. Ohne Einschränkung sollen jedoch in Figuren 10  
und 11 zur Illustration zwei einfache Beispiele für die Reg-  
lereinheit 74 erläutert werden.

In Figur 10 ist ein Ausführungsbeispiel für die Regeleinheit  
74 gezeigt. Die Regeleinheit 74 umfasst einen Regler 46 von  
im Wesentlichen gleicher Art wie in Figuren 2, 3, 7 und 8.  
10 Der Regler 46 erhält die Regelgröße 44 als Eingangssignal und  
gibt als Ausgangssignal die zweite Stellgröße 78 aus. Der  
Regler 74 umfasst ferner ein Steuerelement 80, das aus dem  
Tonerverbrauchswert 68 die erste Stellgröße 82 erzeugt. Im  
Knotenpunkt 83 werden die erste Stellgröße 82 und die zweite  
15 Stellgröße 78 zur kombinierten Stellgröße 76 addiert.

Im Beispiel von Figur 11 umfasst die Regeleinheit 74 neben  
Regler 46 eine Steuereinheit 84, die aus dem Tonerverbrauchs-  
wert 68 eine Hilfsgröße 86 erzeugt, die zur Regelgröße 44  
20 addiert wird. Die Hilfsgröße 86 entspricht derjenigen hypo-  
thetischen Regelabweichung, aus der der Regler 46 eine Toner-  
zufuhr entsprechend dem Tonerverbrauchswert 68 vorgeben wür-  
de. Anders als bei dem Ausführungsbeispiel von Figur 10 tre-  
ten bei der Regeleinheit 74 von Figur 11 die erste und zweite  
25 Stellgröße nicht explizit auf, sind jedoch nach dem oben  
Gesagten bereits durch die anliegenden Signale, d.h. den  
Tonerverbrauchswert 68 bzw. die Regelgröße 44 wohl definiert  
und schlagen sich in der kombinierten Stellgröße 76 nieder.  
In diesem weiten Sinne ist im Rahmen der vorliegenden Erfin-  
30 dung der Begriff der Kombination der ersten und zweiten  
Stellgröße zu verstehen.

In Figur 12 sind der ermittelte Tonerverbrauchswert TVE(a),  
der tatsächliche Tonerverbrauch TV (b), der Stellwert SW2 der  
35 zweiten Stellgröße bzw. der Stellwert SWK der kombinierten  
Stellgröße (c) und der Istwert I der Tonerkonzentration (d)  
in einem schematischen Diagramm gegen eine gemeinsame Zeit-

achse aufgetragen. Der im Diagramm (a) eingetragene Toner-  
verbrauchswert 68 ist in der Druckersteuerung 70 von Figuren  
8 und 9 aus Druckdaten ermittelt worden. Da die Druckdaten  
vor dem Entwickeln des Ladungsbildes vorliegen, liegt auch  
5 der ermittelten Tonerverbrauchswert jeweils um ein Zeitinter-  
vall T vor dem tatsächlichen Tonerverbrauch vor. Für dieses  
Zeitintervall T wird der Tonerverbrauchswert 68 im Verzöge-  
rungspuffer 72 (siehe Figuren 8 und 9) zwischengespeichert  
und dadurch mit dem tatsächlichen Tonerverbrauch synchroni-  
10 siert, wie in Diagramm (b) gezeigt.

In Diagramm (b) ist dargestellt, dass der ermittelte Toner-  
verbrauchswert 68 (ausgezogene Linie) vom tatsächlichen  
Verbrauch TV (gepunktete Linie) etwas abweicht. Im Zeitinter-  
15 vall  $T_1$  liegt der ermittelte Tonerverbrauchswert 68 bei-  
spielsweise über dem tatsächlichen Verbrauch TV. Ferner ist  
die Regelabweichung zu Beginn des Intervalls  $T_1$  gleich 0, wie  
dem Diagramm (d) zu entnehmen ist, und der Stellwert SW2 der  
zweiten Stellgröße ist daher zunächst ebenfalls gleich 0  
20 (siehe Diagramm c). Daher ergibt sich der Stellwert SWK der  
kombinierten Stellgröße zu Beginn des Intervalls  $T_1$  lediglich  
aus der ersten Stellgröße und liegt, wie in Diagramm (c) zu  
sehen, über dem tatsächlichen Verbrauch, weil der ermittelte  
Verbrauchswert zu hoch geschätzt wurde. Infolgedessen steigt  
25 der Istwert der Tonerkonzentration zu Beginn des Intervalls  
 $T_1$  über den Sollwert.

In Antwort auf diese Regelabweichung erzeugt die Regeleinheit  
74 eine zweite Stellgröße mit negativem Stellwert SW2, die  
30 den Stellwert SWK der kombinierten Stellgröße korrigiert und  
etwa zur Mitte des Zeitintervalls  $T_1$  an den tatsächlichen  
Tonerverbrauch TV angleicht (siehe Diagramm (c)). In den  
Zeitintervallen  $T_2$  und  $T_3$ , in denen der ermittelte Toner-  
verbrauchswert 68 ebenfalls über dem tatsächlichen Toner-  
35 verbrauch liegt, zeigt sich das gleiche Verhalten.

Im Intervall  $T_4$  liegt der ermittelte Tonerverbrauchswert 68 unter dem tatsächlichen Tonerverbrauch TV, so dass der Stellwert SWK der kombinierten Stellgröße SWK aufgrund einer zu kleinen ersten Stellgröße zunächst unter dem tatsächlichen Tonerverbrauch TV liegt. Dadurch fällt der Istwert I der Tonerkonzentration TK zunächst unter den Sollwert S, wird aber durch einen dann positiven Stellwert SW2 der zweiten Stellgröße wieder auf den Sollwert S geregelt.

10 Aus dem Diagramm (c) der Figur 12 wird deutlich, dass die zweite Stellgröße nur einen relativ geringen Beitrag zur kombinierten Stellgröße leistet. Sie dient im Wesentlichen dazu, Fehler in der ersten Stellgröße aufgrund eines ungenauen Schätzwertes auszuregeln. Da die erste Stellgröße unmittelbar auf eine ermittelte Änderung des Tonerverbrauchswerts reagiert, ist die Dynamik des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Einstellen der Tonerkonzentration sehr gut. Anders als bei einem reinen Steuerverfahren wird beim erfindungsgemäßen Verfahren ein systematischer Fehler bei der Ermittlung des Tonerverbrauchswertes ausgeregelt, der sich andernfalls im Laufe der Zeit summieren würde und zu einer divergierenden Tonerkonzentration in der Entwicklerstation 22 führen würde.

In Figur 13 ist eine alternative Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt, das sich vom Verfahren von Figur 9 durch die Art unterscheidet, nach der der Tonerverbrauchswert 68 ermittelt wird. Dazu dient im Verfahren von Figur 13 ein Pixelzähler 88, der die pro Einfärbungsstufe im Zeichengenerator 16 (siehe Figur 1) gesetzt Pixel zählt. Der Pixelzähler 88 wird im gezeigten Ausführungsbeispiel durch eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (Application Specific Integrated Circuit, ASIC) gebildet. Der Pixelzähler 88 hat drei Eingänge 90, 92 und 94 entsprechend der drei Einfärbungsstufen, hellgrau, dunkelgrau bzw. schwarz, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel berücksichtigt werden. Für jedes Pixel, das im Zeichengenerator 16 gesetzt wird, wird ein Signal in den der Einfärbungsstufe des Pixels entspre-

chenden Eingang 90, 92 oder 94 gespeist. Im Pixelzähler 88 wird aus den gezählten Pixeln durch Gewichtung mit ihrer jeweiligen Einfärbungsstufe ähnlich wie oben bereits beschrieben der Tonerverbrauchswert 68 ermittelt. Ein solcher  
5 Pixelzähler 88 lässt sich leicht mit herkömmlichen Systemen kombinieren, ohne dass diese bedeutend modifiziert werden müssten. Der Pixelzähler kann 88 ähnlich wie die Druckerdteuerung 70 von Fig. 8 mit einem Verzögerungspuffer 72 versehen sein.

10 In Figur 14 ist eine besonders einfach und kostengünstig implementierbare Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt. Dabei wird der elektrische Strom, mit dem eine Stromquelle 96 den Zeichengenerator 16 versorgt, in einer  
15 Strommesseinrichtung 98 gemessen und der Messwert in einen Tonerverbrauchsschätzer 100 übertragen. Der Tonerverbrauchsschätzer 100 schätzt aus dem Stromverbrauch des Zeichengenerators 16 den Tonerverbrauchswert 68 ab. Dies gelingt, weil der Stromverbrauch des Zeichengenerators 16 wie oben bereits  
20 erläutert, ein Maß für die Anzahl und Einfärbungsstufe gedruckter Pixel ist. Der Vorteil des Verfahrens von Figur 14 ist, dass es sich mit sehr geringem konstruktiven Aufwand bei herkömmlichen Druckern oder Kopierern implementieren lässt.

25 In Figur 15 ist eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Blockdiagramm skizziert. Bei diesem Verfahren werden die Beiträge der ersten und zweiten Stellgröße zur kombinierten Stellgröße 76 zeitlich variiert. Dazu dienen ein Signalgewichter 102, der das Gewicht be-  
30 stimmt, mit dem die Regelgröße 44 bei der Erzeugung des kombinierten Signals 76 berücksichtigt werden soll, und ein Signalgewichter 104, der das Gewicht bestimmt, mit dem der ermittelte Verbrauchswert 68 in der kombinierten Stellgröße 76 Niederschlag finden soll.

35 Die entsprechende Gewichtung lässt sich gemäß Figur 15 über zeitabhängige Gewichtungsfunktionen  $f_1(t)$  und  $f_3(t)$  vorgeben.

So ist beispielsweise die Regelgröße 44 in der Startphase eines Druckers oder Kopierers nicht sehr zuverlässig, weil sich der Gemischverlauf in der Entwicklerstation 22 noch nicht stabilisiert hat. Daher ist es von Vorteil, den Beitrag  
5 der Regelgröße 44 zur kombinierten Stellgröße 76, d.h. das Gewicht der zweiten Stellgröße mit Hilfe des Signalgewichters 102 und geeigneter Wahl von  $f_1(t)$  in der Startphase gering zu halten und erst zu erhöhen, wenn sich der Zustand des Gemisches in der Entwicklerstation 22 stabilisiert hat.

10 Darüber hinaus eignen sich unterschiedliche Regelparameter zur Verwendung im Regler 46 für unterschiedliche zeitliche Abschnitte des Druck- oder Kopierprozesses bzw. für unterschiedliche Zustände des Druckers oder Kopiergerätes, wie  
15 beispielsweise Aufwärmphase, Druckphase, Kalibrierphase, Frische des Toners etc. Daher hat die Regeleinheit 74 im Ausführungsbeispiel von Figur 15 einen Speicher 106, in dem die Regelparameter entsprechend einer zeitabhängigen bzw. zustandsabhängigen Funktion  $f_2(t)$  abgelegt werden.

20 Der Regler 46 ist in den gezeigten Ausführungsbeispielen ein PID-Regler, daher ist die Funktion  $f_2(t)$  eine vektorwertige Funktion, deren Vektorkomponenten alle benötigten Regelparameter enthalten. In Figur 15 ist ein nicht näher spezifizierter Tonerverbrauchsschätzer, der den Verbrauchswert 68 ermit-  
25 telt, mit 108 bezeichnet. Als Tonerverbrauchsschätzer 108 kommen unter anderem die vorher beschriebenen Elemente Druckersteuerung 70, Pixelzähler 88 oder Tonerverbrauchsschätzer 100 in Frage.

30 Obgleich in den Zeichnungen und in der vorhergehenden Beschreibung bevorzugte Ausführungsbeispiele aufgezeigt und detailliert beschrieben sind, sollte dies als rein beispielhaft und die Erfindung nicht einschränkend angesehen werden.  
35 Es wird darauf hingewiesen, dass nur die bevorzugten Ausführungsbeispiele dargestellt und beschrieben sind und sämtliche

Veränderungen und Modifizierungen, die derzeit und künftig im Schutzzumfang der Erfindung liegen, geschützt werden sollen.

## Bezugszeichenliste

	10	Fotoleitertrommel
	12	Drehsinn der Fotoleitertrommel 10
	14	Aufladekorotron
5	16	Zeichengenerator
	18	LED-Kamm
	20	Steuerungseinheit
	22	Entwicklerstation
	24	Behälter
10	26	Tonerteilchen-Trägerteilchen-Gemisch
	28	Entwicklerwalze
	30	Umdruckstation
	32	Papier
	34	Reinigungsvorrichtung
15	36	Tonerreservoir
	38	Motor
	40	Motorsteuerung
	42	Sensor
	44	Regelgröße
20	46	Regler
	48	Stellgröße
	50	Sensorsignal
	52	Messwerterfassung
	54	Motorsignal
25	56	Magnetbürste
	58	Tonerkonzentrationsverteilung (niedriger Verbrauch)
	60	Tonerkonzentrationsverteilung (hoher Verbrauch)
	62	Tonerkonzentrationsverteilung (hoher Verbrauch)
	64	Sensorkorrektur
30	66	Korrektureinheit
	68	ermittelter Tonerverbrauchswert
	70	Druckersteuerung
	72	Verzögerungspuffer
	74	Regeleinheit
35	78	zweite Stellgröße
	80	Steuerelement
	82	erste Stellgröße

	83	Knotenpunkt
	84	Steuerelement
	86	Hilfsgröße
	88	Pixelzähler
5	90	Eingang
	92	Eingang
	94	Eingang
	96	Stromquelle
	98	Strommesseinrichtung
10	100	Tonerverbrauchsschätzer
	102	Signalgewichter
	104	Signalgewichter
	106	Speicher
	108	Tonerverbrauchsschätzer

## Ansprüche

1. Verfahren zum Einstellen der Tonerkonzentration eines  
5 Tonerteilchen-Trägerteilchen-Gemisches (26) in einer  
Entwicklerstation (22) zum Entwickeln eines latenten La-  
dungsbildes auf einem Zwischenträger (10) eines elektro-  
graphischen Druckers oder Kopiergerätes, bei dem
- 10 ein in der Entwicklerstation (22) angeordneter Sensor  
(42) die Tonerkonzentration im Gemisch (26) mißt,
- ein Stellglied (40, 42) die Tonerzufuhr in die Entwick-  
15 lerstation (22) einstellt,
- ein aktueller Verbrauchswert (68) für Tonerteilchen er-  
mittelt wird, und
- 20 bei dem eine Regeleinheit (74) zur Regelung der Toner-  
konzentration das Stellglied (40, 42) abhängig vom Sig-  
nal (50) des Sensors (42) und vom ermittelten  
Verbrauchswert (68) ansteuert,
- 25 wobei aus der am Einbauort (B) des Sensors (42) gemesse-  
nen Tonerkonzentration und dem Tonerverbrauchswert (68)  
die Tonerkonzentration an einem vom Einbauort abweichen-  
den Ort (C) in der Entwicklerstation berechnet wird, an  
dem der Toner zur Entwicklung des latenten Bildes ent-  
30 nommen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die berechnete Toner-  
konzentration am Tonerentnahmeort (C) als Regelgröße in  
die Regeleinheit (74) eingegeben wird und die Regelein-  
heit (74) das Stellglied (40, 42) derart ansteuert, dass  
35 die berechnete Tonerkonzentration am Tonerentnahmeort  
(C) einem Sollwert angenähert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Verbrauchswert (68) abgeschätzt wird.
- 5 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Stellglied (38, 40) durch die Kombination einer ersten Stellgröße (82) und einer zweiten Stellgröße (78) gesteuert wird, wobei sich die erste Stellgröße (82) nach dem Tonerverbrauchswert (68) und die zweite Stellgröße (78) nach der gemessenen Tonerkonzentration bemißt.
- 10 5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem das Stellglied 38, 40) durch die Summe einer ersten Stellgröße (82) und einer zweiten Stellgröße (78) gesteuert wird, wobei sich die erste Stellgröße (82) nach dem Tonerverbrauchswert (68) und die zweite Stellgröße (78) nach der gemessenen Tonerkonzentration bemißt.
- 15 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei dem die erste Stellgröße (82) so bemessen ist, daß sie eine Tonerzufuhr bewirkt, die dem aktuellen Tonerverbrauchswert (68) entspricht.
- 20 7. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, bei dem die zweite Stellgröße (78) so bemessen ist, daß sie die Tonerkonzentration auf einen Sollwert regelt.
- 25 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die am Stellglied (38, 40) eingestellte Tonerzufuhr als Tonerverbrauchswert (68) angenommen wird.
- 30 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem der Tonerverbrauchswert (68) aus Druckdaten abgeschätzt wird.
- 35 10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Tonerverbrauchswert (68) aus der mit ihrer Einfärbungsstufe gewichteten Anzahl zu druckender Pixel abgeschätzt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem der  
Tonerverbrauchswert (68) aus der mit ihrer Einfärbungs-  
stufe gewichteten Anzahl der Pixel abgeschätzt wird, die  
5 im das latente Druckbild erzeugenden Zeichengenerator  
(16) gesetzt werden.
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem die Pixel mit Hilfe  
einer anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (88)  
10 gezählt werden, die mit dem Zeichengenerator (16) ver-  
bunden ist.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem der  
Tonerverbrauchswert (68) anhand des Stromverbrauchs des  
15 das latente Ladungsbild erzeugenden Zeichengenerators  
(16) abgeschätzt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, bei dem der  
ermittelte Tonerverbrauchswert (68) bis zur Einfärbung  
20 des entsprechenden Druckbildes in einem Datenpuffer (72)  
gespeichert wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 14, bei dem die  
relative Gewichtung der ersten und zweiten Stellgröße  
25 (82, 78) im Verlauf des Druck- oder Kopierprozesses va-  
riiert wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem die zweite Stellgrö-  
ße (78) in der Startphase eines Druck- oder Kopierpro-  
zesses unterdrückt wird und ihre Gewichtung erhöht wird,  
30 wenn sich der Zustand des Gemisches (26) in der Entwick-  
lerstation stabilisiert hat.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei  
35 dem die Regeleinheit (74) einen PID-Regler (46) umfaßt.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die von der Regeleinheit verwendeten Regelparameter im Verlauf des Druck- oder Kopierprozesses variiert werden.

5

19. Vorrichtung zum Entwickeln eines latenten Ladungsbildes auf einem Zwischenträger eines elektrographischen Druckers oder Kopiergerätes, mit

10

einer Entwicklerstation (22), in der sich ein Tonerteilchen-Trägerteilchen-Gemisch (26) befindet,

einem in der Entwicklerstation (22) angeordneten Sensor (42) zum Messen der Tonerkonzentration im Gemisch (26),

15

einem Stellglied (38, 40) zum Einstellen der Tonerzufuhr in die Entwicklerstation (22),

Mitteln (70, 88, 100) zum Ermitteln eines aktuellen Verbrauchswertes (68) für Tonerteilchen und

20

einer Regeleinheit (74), die zur Regelung der Tonerkonzentration das Stellglied (38, 40) abhängig vom Signal (50) des Sensors (42) und vom ermittelten Tonerverbrauchswert (68) ansteuert, bei der ferner Mittel (66) vorgesehen sind, die aus der am Einbauort (B) des Sensors (42) gemessenen Tonerkonzentration und dem Tonerverbrauchswert (68) die Tonerkonzentration an einem vom Einbauort abweichenden Ort (C) in der Entwicklerstation berechnen, an dem der Toner zur Entwicklung des latenten Bildes entnommen wird.

25

30

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, bei der die berechnete Tonerkonzentration am Tonerentnahmeort (C) als Regelgröße in die Regeleinheit (74) eingebbar ist und die Regeleinheit (74) so ausgebildet ist, dass sie das Stellglied (40, 42) derart ansteuert, dass die berechnete Tonerkon-

35

zentration am Tonerentnahmeort (C) einem Sollwert angenähert wird.

- 5 21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, bei der das Stellglied (38, 40) durch die Kombination einer ersten Stellgröße (82) und einer zweiten Stellgröße (78) gesteuert wird, wobei sich die erste Stellgröße (82) nach dem Tonerverbrauchswert (68) und die zweite Stellgröße (78) nach der gemessenen Tonerkonzentration bemisst.
- 10 22. Vorrichtung nach Anspruch 21, bei der die erste Stellgröße (82) so bemessen ist, dass sie eine Tonerzufuhr bewirkt, die dem aktuellen Tonerverbrauchswert (68) entspricht.
- 15 23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, bei der die zweite Stellgröße (78) so bemessen ist, dass sie die Tonerkonzentration auf einen Sollwert regelt.
- 20 24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, bei der der Tonerverbrauchswert (68) aus Druckdaten abgeschätzt wird.
- 25 25. Vorrichtung nach Anspruch 24, bei der der Tonerverbrauchswert (68) aus der mit ihrer Einfärbungsstufe gewichteten Anzahl zu druckender Pixel abgeschätzt wird.
- 30 26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23, bei der der Tonerverbrauchswert (68) aus der mit ihrer Einfärbungsstufe gewichteten Anzahl der Pixel abgeschätzt wird, die im das latente Druckbild erzeugenden Zeichengenerator (16) gesetzt werden.
- 35 27. Vorrichtung nach Anspruch 26 mit einer mit dem Zeichengenerator (16) verbundenen anwendungsspezifischen integrierten Schaltung (88) zum Zählen der Pixel.

28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 23 mit einer Strommesseinrichtung 98 zum Messen des Stromverbrauchs des das latente Ladungsbild erzeugenden Zeichengenerators (16) und Mitteln (100) zum Abschätzen des Toner-  
5 verbrauchswertes (68) anhand des Stromverbrauchs des Zeichengenerators (16).